

De toepassing van vaardigheden bij de specificatie van het bewerkingsvoorschrift

Citation for published version (APA):

Muntslag, D. R. (1990). *De toepassing van vaardigheden bij de specificatie van het bewerkingsvoorschrift*. (EUT - BDK report. Dept. of Industrial Engineering and Management Science; Vol. 37). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1990

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

De toepassing van vaardigheden bij de specificatie van het bewerkingsvoorschrift

door
D.R. Muntslag

DE TOEPASSING VAN VAARDIGHEDEN
BIJ DE SPECIFICATIE
VAN HET BEWERKINGSVOORSCHRIFT

door

D.R. Muntslag

Report EUT/BDK/37
ISBN 90-6757-039-7
Eindhoven, 1990

Eindhoven University of Technology
Department of Industrial Engineering
and Management Science
Eindhoven, Netherlands

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK. DEN HAAG

Muntslag. D.R.

De toepassing van vaardigheden bij de specificatie van het
bewerkingsvoorschrift / door D.R. Muntslag. - Eindhoven :
Eindhoven University of Technology, Department of
Industrial Engineering and Management Science. - (Report
EUT ; BDK/37)

ISBN 90-6757-039-7

SISO 366.3 UDC 658.5.01

Trefw.: technische werkvoorbereiding / werkplaatsplanning.

DE TOEPASSING VAN VAARDIGHEDEN
BIJ DE SPECIFICATIE
VAN HET BEWERKINGSVOORSCHRIFT

Eindhoven, 29 september 1989
ir. D.R. Muntslag
vakgroep Bedrijfseconomie
faculteit Bedrijfskunde
Technische Universiteit
Eindhoven

1. Inleiding

Voordat een tekening van een komponent daadwerkelijk geproduceerd kan worden wordt bij de technische werkvoorbereiding een zogenaamd bewerkingsvoorschrift opgesteld. Hierin wordt onder andere vastgelegd welke bewerkingen achtereenvolgens moeten worden uitgevoerd om de komponent te kunnen produceren. Per bewerking wordt aangegeven op welke specifieke machine deze moet worden uitgevoerd en welke normtijden voor man en machine hierbij gelden. Deze produktgegevens worden vervolgens vastgelegd in een informatiesysteem ten behoeve van de verschillende gebruikers. Bij de produktie van een komponent dient het betreffende bewerkingsvoorschrift te worden opgevolgd. Het in een vroeg stadium toewijzen van een specifieke machine aan een bewerking van een komponent levert bij bepaalde industriële ondernemingen onder de huidige marktomstandigheden logistieke problemen op.

In dit rapport zal kort worden uitgewerkt welke problemen zich kunnen voordoen en zal nader worden ingegaan op een mogelijke oplossing van dit probleem. In paragraaf 2 wordt ingegaan op de genoemde problematiek. In paragraaf 3 wordt een informatiestructuuroplossing in de vorm van het begrip "vaardigheid" geïntroduceerd. In paragraaf 4 tenslotte wordt het begrip "vaardigheid" aan de hand van een praktijkvoorbeeld nader geanalyseerd en zal de in paragraaf 3 voorgestelde informatiestructuur belangrijk worden aangepast.

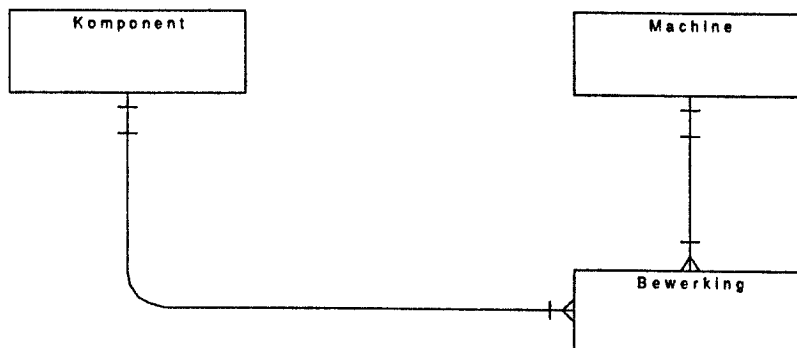
2. De toewijzing van de machine

Per komponent wordt door de werkvoorbereiding in detail een bewerkingsvoorschrift opgesteld. Hierin wordt precies vastgelegd welke bewerkingen moeten worden uitgevoerd, met welke machines en gereedschappen. Bij de toewijzing van de machine aan een bewerking spelen in hoofdzaak technische en economische overwegingen een rol. In de eerste plaats wordt bepaald welke machines uit technisch oogpunt voor de uitvoering van de bewerking in aanmerking komen. Indien er sprake is van twee of meer technisch gelijkwaardige alternatieven wordt hieruit een keuze gemaakt op basis van economische overwegingen. In de praktijk wordt dan gekozen voor de machine met de laagste kosten voor de uitvoering van de bewerking.

Deze gegevens worden gewoonlijk vastgelegd in een informatiesysteem ten behoeve van de gebruikers van deze gegevens (de werkvloer, de financiële-economische en logistieke functie). De bestandsstructuur van dergelijke informatiesystemen is ook afgestemd op een zeer gedetailleerd bewerkingsvoorschrift, waarbij de routing per komponent volledig wordt gespecificeerd. Het betreffende deel van de bestandsstructuur van deze informatiesystemen is weergegeven in een entiteitenmodel in figuur 1.

De betekenis van het entiteitenmodel kan als volgt kort worden omschreven. Een komponent wordt gemaakt volgens één of meer bewerkingen. Een bewerking wordt uitgevoerd met behulp van één specifieke machine. Een machine kan vereist zijn bij één of meer bewerkingen.

Het specificeren van het bewerkingsvoorschrift tot op dat detailniveau betekent dat geruime tijd voordat de werkorder aan de werkvloer wordt vrijgegeven in detail wordt vastgelegd welke routing de komponent door de fabriek moet doorlopen.



Figuur 1. Entiteitenmodel m.b.t. routing van een komponent

In produktiesituaties met een relatief eenvoudige procesinrichting en "dedicated" machines is dit geen probleem, omdat alternatieve routingen bijna uitgesloten zijn. De componenten volgen in principe steeds dezelfde routing over dezelfde machines. In een job shop-achtige produktiesituatie echter, met universele machines met overlappende capaciteiten kan dit wel vervelend zijn. In een dergelijke situatie kan, afhankelijk van de produktiesituatie (aanbod van werkorders, bezetting van machines), een andere (alternatieve) routing gewenst zijn. Hiermee wordt zowel in het bewerkingsvoorschrift als in de informatiesystemen geen rekening gehouden [1,2], waardoor de produktieafdeling een stuk flexibiliteit wordt ontnomen bij het op tijd realiseren van de werkorders. Een werkmeester van een produktieafdeling is moeilijk in staat alsnog werkorders volgens een alternatieve routing te laten bewerken. De prestatiebeoordeling van zijn afdeling is namelijk gebaseerd op de normtijden die de werkvoorbereiding in het bewerkingsvoorschrift heeft vastgelegd. Daar de alternatieve bewerkingsroute in het algemeen vanuit efficiency-oogpunt minder optimaal is zou het efficiency-resultaat door de omzetting ongunstig worden beïnvloed.

Het van te voren precies vastleggen van de bewerkingsvolgorde en routing van een komponent is niet alleen op de werkvloer een probleem. Op goederenstroomniveau (bij de grofplanning) en op afdelingsniveau (bij de detailplanning) wordt via het informatiesysteem van dezelfde gegevens gebruik gemaakt bij onder andere de planning van werkorders

en capaciteiten. Doordat uit efficiency-overwegingen bepaalde machines zo vaak aan komponentbewerkingen worden toegewezen kan de gevraagde capaciteit de beschikbare capaciteit van de machines vele malen overtreffen (de werkvoorbereiding wijst immers toe tegen oneindige capaciteit). Doordat daarnaast bestaande flexibiliteit op de werkvloer in de vorm van technische alternatieven verborgen blijft ontbreekt doorgaans het inzicht in de capaciteitsconsequenties van voorgestelde produktieplannen, waardoor de verkeerde logistieke beslissingen genomen kunnen worden.

3. Een alternatieve informatiestructuur

3.1. Inleiding

In paragraaf 2 is geschetst dat een vroegtijdige toewijzing van specifieke machines tijdens de werkvoorbereiding zowel problemen veroorzaakt op de werkvloer als op de verschillende niveaus van logistieke beheersing. Bestaande flexibiliteit op de werkvloer kan op deze manier niet tot uiting worden gebracht. In de volgende paragrafen zal een oplossing voor dit probleem worden gepresenteerd in de vorm van een alternatieve informatiestructuur met toepassing van het begrip machinevaardigheid. Daarnaast zal deze informatiestructuur worden toegelicht aan de hand van een praktijkvoorbeeld.

3.2. Het begrip machinevaardigheid

De geschetste problematiek bij de vroegtijdige toewijzing van machines aan specifieke bewerkingen door de werkvoorbereiding kan worden opgelost door binnen de werkvoorbereiding het begrip machinevaardigheid te introduceren en toe te passen. Een machinevaardigheid wordt gedefinieerd als:

"een mogelijkheid of vermogen van een machine die voor het uitvoeren van bepaalde fabriekagehandelingen nodig is".

Dit betekent dat:

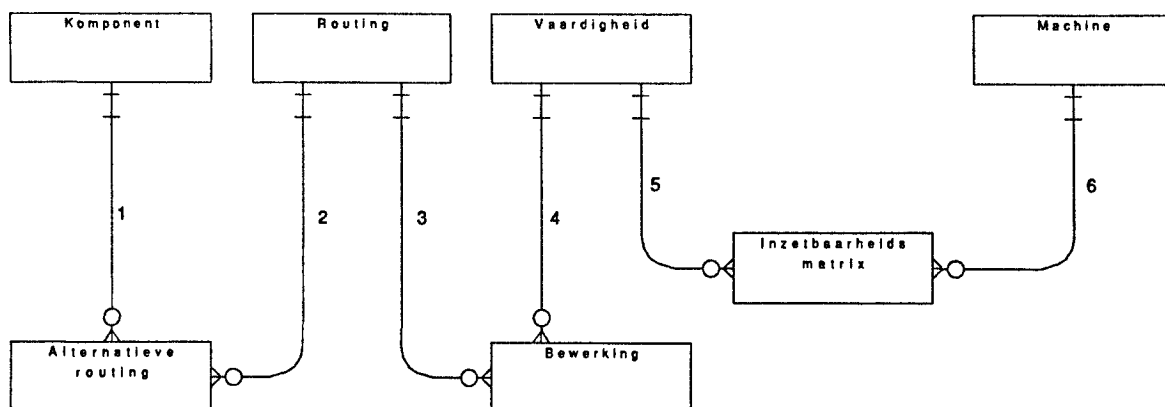
- * een machine één of meer machinevaardigheden bezit, die kunnen worden toegepast bij de uitvoering van een komponentbewerking;
- * bij de uitvoering van een komponentbewerking een specifieke machine- vaardigheid benodigd kan zijn;

In het algemeen zijn de werkvoorbereiders zeer goed op de hoogte van de vaardigheden van het bestaande machinepark. In de huidige situatie beziet de werkvoorbereider bij de toewijzing van de juiste machine aan een komponentbewerking, welke machinevaardigheid daar voor nodig is, selekteert vervolgens (mede op economische gronden) een machine die de vaardigheid bezit en legt deze machine vast in het informatiesysteem waarin de bewerkingsvoorschriften worden opgeslagen. De kennis van de vaardigheden van machines zit als het

ware in het hoofd van de werkvoorbereider opgeslagen en wordt niet opgenomen in het informatiesysteem en dus ook niet in het bewerkingsvoorschrift. Dit betekent dat niet meer valt na te gaan op basis van welke argumenten welke specifieke vaardigheid bij de bewerking nodig was en welke machines eventueel nog meer deze vaardigheid bezitten.

Dit probleem kan worden ondervangen door de werkvoorbereider expliciet de vaardigheden van elke machine te laten specificeren en vastleggen in het informatiesysteem. Dit betekent dat per bewerking aan een komponent in plaats van een specifieke machine een benodigde machinevaardigheid aangegeven wordt. De werkvoorbereider maakt dus op voorhand geen keuze meer uit technisch gelijkwaardige alternatieven en de werkvoorbereidingskennis wordt (in de vorm van geselecteerde vaardigheden) expliciet vastgelegd in een informatiesysteem. Dit is tevens aantrekkelijk uit het oogpunt van overdraagbaarheid van de werkvoorbereidingskennis.

Deze oplossing stelt uiteraard wel eisen aan de structuur van het informatiesysteem, waarin de bewerkingsvoorschriften van de componenten worden vastgelegd. Naast de begrippen bewerking en machine worden de begrippen vaardigheid en routing geïntroduceerd. In figuur 2 is de aangepaste bestandsstructuur van het informatiesysteem weergegeven.



Figuur 2. Aangepaste bestandsstructuur incl. vaardigheid

De betekenis van de aangepaste bestandsstructuur kan als volgt kort worden omschreven. Een komponent wordt gemaakt volgens één of meer alternatieve routingen. Een routing kan behoren bij één of meer

komponenten. Deze twee relaties worden vastgelegd via de entiteit "alternatieve routing". Een routing bestaat uit één of meer opeenvolgende bewerkingen. Een bewerking vraagt één specifieke machinevaardigheid. Een machinevaardigheid kan benodigd zijn bij één of meer bewerkingen. Een machine bezit één of meer machinevaardigheden. Een machinevaardigheid kan bij één of meer machines behoren. Deze laatste twee relaties liggen vast via de entiteit "inzetbaarheidsmatrix". Een uitgebreide beschrijving van deze entiteiten en de onderlinge relaties is weergegeven in Appendix I.

3.3. Een praktijkvoorbeeld

Voor een beter begrip van de in de vorige paragraaf geïntroduceerde informatiestructuur wordt in deze paragraaf deze structuur aan de hand van een praktijkvoorbeeld nader toegelicht. Als uitgangspunt voor het praktijkvoorbeeld nemen we een productieafdeling in een fabriek voor onderdelenfabrikage. De productieafdeling, een pijncel, heeft een job shop-achtige produktiesituatie met duidelijk overlappende capaciteiten. In de pijncel worden leidingen en pijpen vervaardigd, zoals uitlaatpijpen, brandstofleidingen en olieleidingen. Hier worden onder andere de volgende bewerkingen uitgevoerd: zagen, afbramen, buigen, solderen, lassen en nabewerken. In dit praktijkvoorbeeld zullen wij ons concentreren op de bewerking "zagen", een belangrijke bewerking in de pijncel.

Ook in deze specifieke praktijksituatie wordt in een vroeg stadium van de ordervoorbereiding door de werkvoorbereiding per produktbewerking een specifieke machine geselecteerd en in het bewerkingsvoorschrift vastgelegd. De keuze van de juiste machine bij een zaagbewerking blijkt af te hangen van een aantal produktkenmerken. Dit betekent dat een werkvoorbereider bij pijp- en leidingprodukten die een zaagbewerking moeten ondergaan mede op basis van produktspecificaties een technisch en economisch optimale machine kiest uit het machinepark van de pijncel en dit vastlegt in zowel het bewerkingsvoorschrift als in de betreffende informatiesystemen. Dit levert voor de produktiechef bij de planning van de pijncel in de praktijk problemen op. Bij een vanuit de logistieké planning aangeboden orderpakket krijgt de produktiechef geen inzicht in de samenstelling van het zaagwerk. Immers in de bewerkingsvoorschriften staat overal als bewerking aangegeven "pijpen zagen" zonder aanvullende specificatie. Daar er sprake is van sterk overlappende capaciteiten en alternatieve machines in het bestaande informatiesysteem niet kunnen worden gespecificeerd kan op voorhand niet bepaald worden in hoeverre een bepaald orderpakket binnen de gestelde planperiode kan worden gerealiseerd. Er kan niet zondermeer worden uitgegaan van de aangegeven machines omdat de werkvoorbereider de machines tegen oneindige capaciteit heeft geselecteerd. In het navolgende zal worden uitgewerkt hoe met de in paragraaf 3.2 uitgewerkte informatiestructuur en het begrip "machinevaardigheid" de hier geschetste problematiek zou kunnen oplossen.

Bij nadere analyse van de bewerking "zagen" blijkt dat de keuze van

de machine bij deze bewerking van de volgende kenmerken afhangt:

- moet de pijp recht of gebogen worden gezaagd;
- de diameter van de pijp;
- de lengte van de pijp;
- de hoek waaronder de pijp moet worden gezaagd;

Bij nadere analyse van de mogelijkheden c.q. vaardigheden van de vijf zaagmachines blijkt dat deze onderling sterk verschillen met betrekking tot de genoemde kenmerken. Afhankelijk van de specificaties van het produkt met betrekking tot deze kenmerken komt een machine wel of niet in aanmerking voor de zaagbewerking aan het betreffende produkt.

Op basis van een analyse van de mogelijkheden van de vijf zaagmachines met betrekking tot de vier genoemde kenmerken kunnen acht verschillende machinevaardigheden worden gedefinieerd. Deze zijn opgenomen in onderstaande tabel 1.

| Vaardigheid | Gebogen/Recht | Diameter | Lengte | Zaaghoek |
|-------------|---------------|-----------|---------|----------|
| Zaagvrdgh1 | G | 4-20 cm | ≤400 cm | 0-180 ° |
| Zaagvrdgh2 | G | 20-40 cm | ≤400 cm | 0- 45 ° |
| Zaagvrdgh3 | G | 20-40 cm | >400 cm | 0- 45 ° |
| Zaagvrdgh4 | G | 20-40 cm | ≤400 cm | > 45 ° |
| Zaagvrdgh5 | G | >40 cm | | 0- 45 ° |
| Zaagvrdgh6 | R | 4-40 cm | > 25 cm | 0- 45 ° |
| Zaagvrdgh7 | R | 40-114 cm | 200-300 | 0- 45 ° |
| Zaagvrdgh8 | R | 40-62 cm | 10-200 | |

Tabel 1. Overzicht gedefinieerde machinevaardigheden pijpencil

Aan de hand van de gedefinieerde machinevaardigheden kan nu een inzetbaarheidsmatrix worden opgesteld (zie ook entiteitenmodel figuur 2). In een inzetbaarheidsmatrix wordt aangegeven welke machine beschikt over welke vaardigheden. De inzetbaarheidsmatrix van het machinepark van de pijpencil is weergegeven in figuur 3.

In het betreffende informatiesysteem wordt nu deze inzetbaarheidsmatrix vastgelegd. Aan de hand van de gedefinieerde lijst met vaardigheden en de machine-inzetbaarheidsmatrix hoeft de machinekeuze bij een zaagbewerking aan een komponent nog niet door de werkvoorbereiding te worden uitgevoerd. In plaats van de bepaling van de machine selekteert de werkvoorbereider op basis van de genoemde produktkenmerken de juiste machinevaardigheid bij de bewerking. Via de

Vaardigheden

| Machine | Zvh 1 | Zvh 2 | Zvh 3 | Zvh 4 | Zvh 5 | Zvh 6 | Zvh 7 | Zvh 8 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mch 65990 | X | X | | X | | | | |
| Mch 02046 | | X | X | | X | | X | X |
| Mch 03334 | | X | X | | X | | | |
| Mch 15210 | | | | | | X | | |
| Mch 16081 | | | | | | | X | |

Figuur 3. Machine-inzetbaarheidsmatrix pijpencil

inzetbaarheidsmatrix ligt vast welke zaagmachines voor die specifieke vaardigheid in aanmerking komen. Deze andere wijze van werkvoorbereiding heeft een aantal gevolgen.

Herdefinitie van het begrip bewerking

De toepassing van het begrip machinevaardigheid bij een bewerking heeft tot gevolg dat de bestaande bewerkingen onbruikbaar zijn geworden. Was eerst een bewerking "pijpen zagen" voldoende om alle mogelijke specifieke zaagbewerkingen aan te duiden, bij de toepassing van het begrip machine-vaardigheid wordt voor elke zaagbewerking die een andere vaardigheid vraagt, een aparte zaagbewerking gedefinieerd. Hierdoor ontstaan net zoveel zaagbewerkingen als er zaagvaardigheden zijn gedefinieerd.

De opzet van het bewerkingsvoorschrift

Als gevolg van het introduceren van het begrip machinevaardigheid verandert de inhoud van het bewerkingsvoorschrift. Er wordt nu per komponentbewerking in plaats van één machinenummer een machinevaardigheid aangegeven. Daarnaast worden de mogelijke machines aangegeven (gevonden via de inzetbaarheidsmatrix), met mogelijk verschillende instel- en bewerkingstijden per machine. Een vereenvoudigd voorbeeld van een mogelijke lay-out van een dergelijk bewerkingsvoorschrift is opgenomen in figuur 4.

De planning van orders en capaciteiten

Bij de evaluatie van produktieplannen in bestaande systemen wordt via de relatie bewerking-machine (zie ook figuur 1) de gevraagde capaciteit per machine (op basis van het produktieplan) vergeleken met de beschikbare capaciteit. De hieruit voortkomende bezettingsgraad wordt dan getoetst aan een normbezettingsgraad (in relatie tot een genormeerde doorlooptijd).

Indien gebruik wordt gemaakt van het begrip machinevaardigheid is een dergelijke evaluatie van een produktieplan niet meer mogelijk. Immers de relatie bewerking-machine bestaat niet meer. Evaluatie op

| Produktnr. | Produktnaam | | |
|-----------------|------------------|-----------------|-------|
| 2238787 | Olieleiding smal | | |
| Bewerking | Vaardigheid | Altern.machine. | |
| 01 Pijp zagen3 | Zaagvrdgh3 | 02046 | 03334 |
| 02 Pijp buigen2 | Buigvrdgh2 | 15001 | 16079 |
| 03 | | | |

Figuur 4. Een bewerkingsvoorschrift m.b.v. vaardigheden

het niveau van de individuele machine wordt vervangen door een evaluatie op het niveau van de vaardigheid. In tegenstelling tot de machine is de bepaling van een bezettingsgraad van een machinevaardigheid niet zo eenvoudig. Een machine kan namelijk diverse vaardigheden bezitten (zie figuur 3). Een geplande bezettingsgraad per machinevaardigheid, voortkomend uit het produktieplan is dus moeilijk te bepalen. Men weet wel hoeveel werk men verzet wil hebben, maar niet op voorhand hoeveel capaciteit aan welke machinevaardigheid wordt toegekend, omdat de machines diverse vaardigheden aankunnen. Om nu toch een produktieplan te kunnen evalueren in termen van bezettingsgraden kan gewerkt worden met zogenaamde "constraints" [3]. Dit zal met het volgende voorbeeld worden geïllustreerd. In figuur 5 is een eenvoudige machine-inzetbaarheidsmatrix weergegeven.

De moeilijkheid wordt gevormd door het feit dat machine (2) zowel vaardigheid HBG(1) als HBG(2) aankan. Was dit niet zo geweest dan kon eenvoudig de bezettingsgraad voor de vaardigheden worden uitgerekend. Nu echter de multi-inzetbaarheid bestaat lukt dit niet meer. Wel kan echter gebruik worden gemaakt van de volgende constraints:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad X(1) &\leq C(1) \\
 (2) \quad X(2) &\leq C(1) + C(2) \\
 (3) \quad X(1) + X(2) &\leq C(1) + C(2)
 \end{aligned}$$

waarbij: $X(i)$ = de benodigde hoeveelheid vaardigheid HBG(i)
 $C(i)$ = de beschikbare capaciteit van machine (i)

Op basis van de gegevens in figuur 5 kan nu een bezettingsgraad per constraint worden bepaald:

- (1) $60/80 = 75,0 \%$
- (2) $90/160 = 56,3 \%$
- (3) $150/160 = 93,8 \%$

Door het toepassen van deze constraints bij de evaluatie van produktieplannen wordt alle bestaande flexibiliteit en mogelijk gedeeltelijke overlap van vaardigheden wel volledig meegenomen.

| | Benodigd 60 uur HBG(1) | Benodigd 90 uur HBG(2) | |
|------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Machine(1) | X | X | Beschikbaar: 80 uur |
| Machine(2) | | X | Beschikbaar: 80 uur |
| | | | |

Figuur 5. Een eenvoudige inzetbaarheidsmatrix

4. Nadere analyse van het begrip vaardigheid

4.1. Inleiding

In paragraaf 3 is een theoretische oplossing in de vorm van het begrip machinevaardigheid aangedragen, om een vroegtijdige toewijzing van specifieke machines tijdens de werkvoorbereiding te voorkomen. Met de introductie van het begrip machinevaardigheid wordt zowel de werkvoorbereidingskennis als de bestaande flexibiliteit in het produktieproces beter tot uitdrukking gebracht. In deze paragraaf zal aan de hand van een praktijkvoorbeeld worden geanalyseerd in hoeverre de geschetste (theoretische) oplossing in de praktijk wel toepasbaar is.

4.2. Een praktijkvoorbeeld

Als uitgangspunt voor dit voorbeeld wordt wederom de pijpencil uit paragraaf 3.3 genomen. Wanneer nog eens kritisch naar de gedefinieerde machinevaardigheden uit tabel 1 wordt gekeken dan blijkt daaruit dat het aantal benodigde vaardigheden en daarmee het aantal te definiëren verschillende bewerkingen sterk afhangt van de mogelijkheden van de machines en de overlap daarin. Dit kan in de praktijk een (groot) probleem geven bij het onderhoud van de vastgelegde gegevens, waardoor de toepassing van het begrip vaardigheid als minder zinvol kan worden

ervaren. Dit zal met een voorbeeld worden toegelicht. Stel er wordt een nieuwe zaagmachine aangeschaft met de volgende technische specificaties:

- zowel gebogen als recht zagen;
- zaagdiameter : 30-120 cm.;
- lengte : 0 -400 cm.;
- zaaghoek : 0 -90 °.

Een nieuwe machine met deze specificaties heeft tot gevolg dat de bestaande vaardigheden en dus ook de bestaande bewerkingen opnieuw moeten worden gedefinieerd. We gaan er hierbij van uit dat de genoemde kenmerken ook daadwerkelijk zinvol zijn om te worden onderscheiden. Dit heeft tot gevolg dat alle bewerkingsvoorschriften waarop deze vaardigheden/bewerkingen voorkomen, moeten worden aangepast. Een dergelijk gebruik van het begrip vaardigheid kan dus een grote onderhoudsinspanning voor de werkvoorbereiding met zich meebrengen. Daarnaast betekent het dat de inhoud van de bewerkingsvoorschriften (definitie van bewerkingen en vaardigheden) niet stabiel is, wat op de werkvloer kan leiden tot misverstanden.

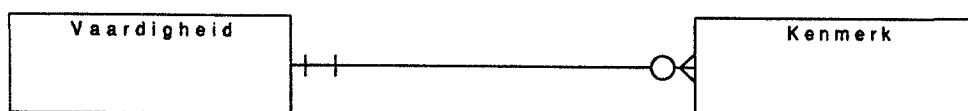
Het begrip vaardigheid wordt dan afhankelijk van de toestand en inrichting van het productieproces, waardoor het begrip in de praktijk niet voldoende stabiel is. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de aanwezige flexibiliteit op de werkvloer niet zo groot is of hoeft te zijn als op voorhand werd aangenomen. Vergelijkbare machines kunnen onderling nog verschillen met betrekking tot de uit te voeren vaardigheden. Deze overlap van technische mogelijkheden is met het geïntroduceerde begrip machinevaardigheid onvoldoende tot uiting te brengen.

In de volgende paragraaf zal door een nadere analyse van het begrip vaardigheid een aangepaste informatiestructuur worden voorgesteld, dat aan de hier genoemde problemen goeddeels tegemoetkomt.

4.3. Nog eens het begrip vaardigheid

Om het begrip vaardigheid praktisch te kunnen toepassen dient dit dus zodanig gedefinieerd te worden dat het de bestaande flexibiliteit goed tot uitdrukking brengt en dat tegelijkertijd de inhoud hiervan en de inhoud van de bewerking onafhankelijk is van de toestand en inrichting van het productieproces. Wanneer nog eens wordt gekeken naar de gedefinieerde machinevaardigheden uit tabel 1 en de inzetbaarheidsmatrix in figuur 3, dan kan worden gekonkludeerd dat het onderscheid in de gedefinieerde vaardigheden wordt veroorzaakt door de technische constraints van de verschillende machines met betrekking tot de onderscheiden produkt(ie)kenmerken. In plaats van de kenmerken als het ware in het begrip vaardigheid op te nemen kunnen deze kenmerken ook expliciet bij de betreffende vaardigheid worden vastgelegd. Een vaardigheid kan nader worden gespecificeerd in één of meer kenmerken. Deze relatie tussen vaardigheid en kenmerk is in figuur 6 in een entiteitenmodel weergegeven.

Door de introductie van het begrip vaardigheidskenmerk krijgt het begrip machinevaardigheid een andere betekenis. Het is nu een aggregatie van de vaardigheden die in paragraaf 3 zijn geïntroduceerd.



Figuur 6. De relatie tussen vaardigheid en kenmerk

Nu het begrip kenmerk geïntroduceerd is dient er een relatie te worden gelegd tussen de vaardigheid en haar kenmerken enerzijds en de komponentbewerking en machines anderzijds.

De relatie met de komponentbewerking kan als volgt gestalte worden gegeven. In plaats van per bewerking een vaardigheid vast te leggen (zie figuur 2) wordt een relatie aangegeven met de kenmerken van de benodigde vaardigheid. Voor de komponentbewerking wordt per kenmerk een gewenste waarde vastgelegd. Dit zal met een voorbeeld worden toegelicht. In de eerdergenoemde pijpencil kan een machinevaardigheid "pijpen zagen" worden gedefinieerd. De kenmerken van deze vaardigheid zijn: gebogen of recht, diameter van de pijp, lengte van de pijp en de zaaghoek. Wanneer een bepaalde pijp XYZ een zaagbewerking moet ondergaan kan nu per kenmerk de zaagbewerking als volgt worden gespecificeerd:

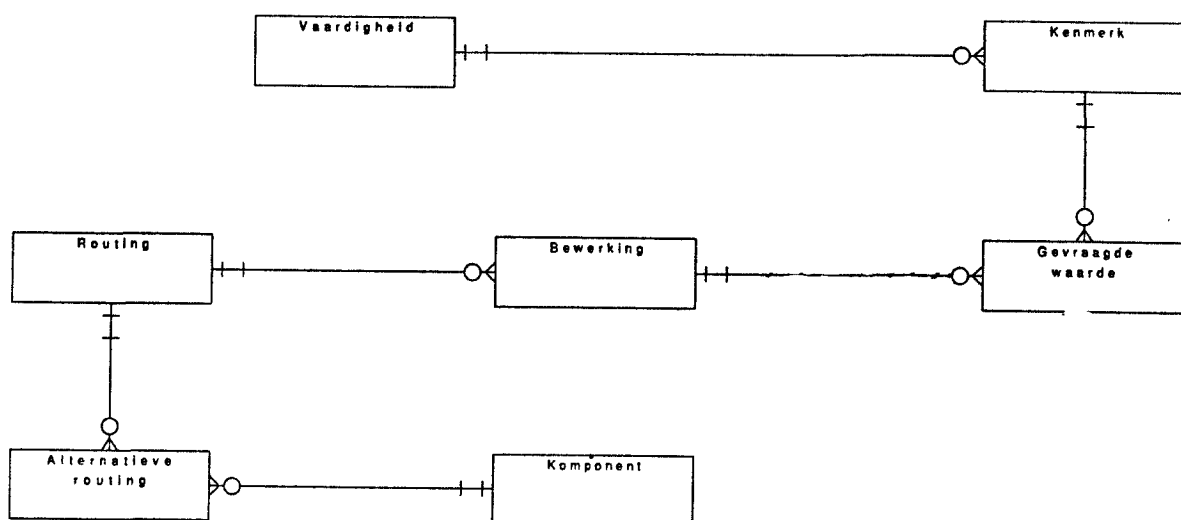
- G(ebogen);
- diameter: 16 cm.;
- lengte : 320 cm.;
- zaaghoek: 35 °

Het entiteitenmodel uit figuur 6 is in figuur 7 met deze relatie aangevuld.

De relatie tussen vaardigheid en machine is enigszins complexer. In de eerste plaats moet worden vastgesteld welke machines welke vaardigheden bezitten. Dit wordt vastgelegd door middel van een inzetbaarheidsmatrix (zie ook figuur 2). In de tweede plaats moet worden vastgelegd wat de technische specificaties van de machines zijn met betrekking tot de kenmerken van de vaardigheid. Dit wordt vastgelegd via een relatie tussen de machine en de kenmerken van de betreffende machinevaardigheid. Per kenmerk wordt vastgelegd wat het

bereik is van de machine met betrekking tot dit kenmerk. Voor machine 65990 gelden bijvoorbeeld de volgende specificaties:

- alleen gebogen zagen;
- diameter: 4-40 cm.;
- lengte : < 400cm.;
- zaaghoek: 0-180 °



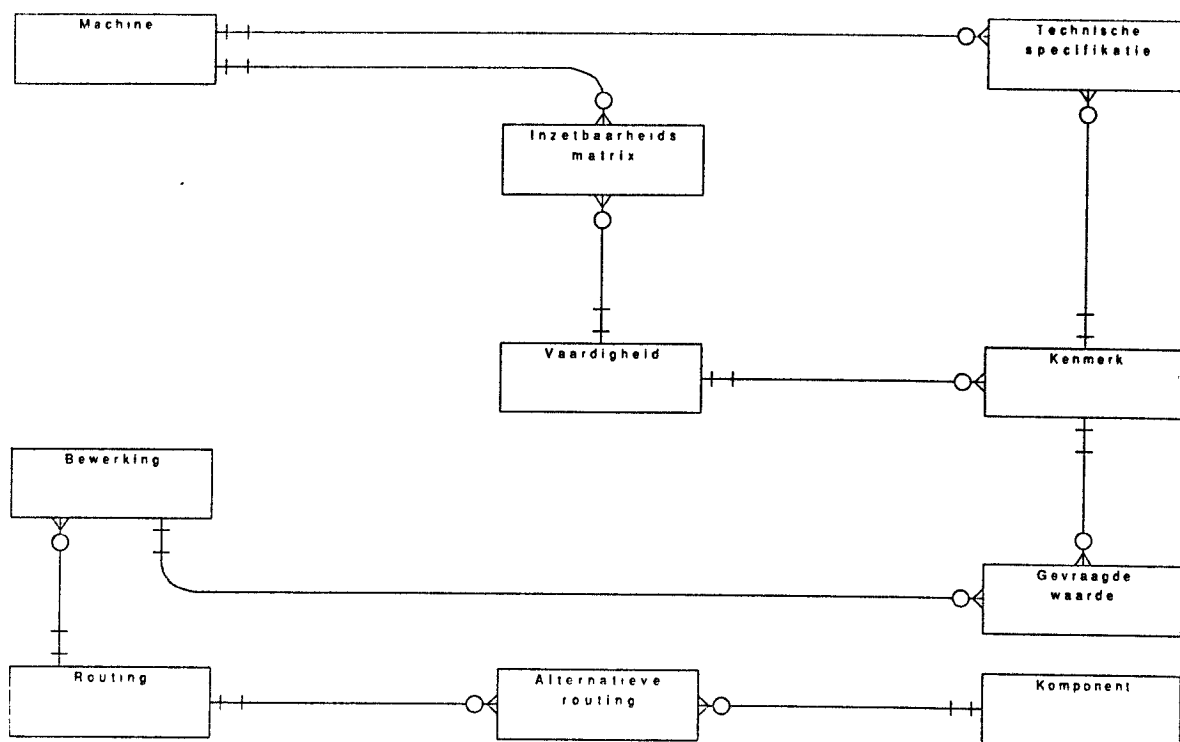
Figuur 7. De relatie vaardigheid en bewerking

Het entiteitenmodel uit figuur 7 is in figuur 8 met de juist beschreven relaties aangevuld.

In de hier voorgestelde informatiestructuur zijn de definities van de begrippen machinevaardigheid en componentbewerking inderdaad onafhankelijk geworden van de toestand en inrichting van het productieproces. Het toevoegen of wegvallen van bijvoorbeeld een machine heeft voor deze begrippen geen gevolgen. Alleen die gegevens die rechtstreeks met de machine te maken hebben moeten worden aangepast. Dit zijn naast de machinegegevens de inzetbaarheidsmatrix en de technische specificatie.

Wanneer de informatiestructuur uit figuur 2 en 8 vergelijken valt een zeer belangrijk verschil op. In de structuur van figuur 2 kan namelijk per componentbewerking onmiddellijk worden nagegaan (via vaardigheid, matrix en machine) welke specifieke machine(s) in aanmerking komen voor de uitvoering van de betreffende bewerking. Dit is in de informatiestructuur van figuur 8 niet meer mogelijk. De juiste machines bij een bewerking zijn niet onmiddellijk meer aanwijsbaar omdat de technische mogelijkheden van een machine per

kenmerk zijn vastgelegd in plaats van per vaardigheid en een bewerking een specificatie van een combinatie van kenmerken vraagt.



Figuur 8. De relatie tussen machine, vaardigheid en bewerking

Door de noodzaak van onafhankelijkheid tussen machinevaardigheid en de toestand en inrichting van het produktieproces zijn de grenzen bereikt van wat rechtstreeks in een informatiestruktuur vast te leggen is. Het vinden van de in aanmerking komende machines bij de uitvoering van een bewerking dient te worden gevonden met behulp van een gegevensmanipulatie. Bij de bewerking ligt vast welke waarde per kenmerk gewenst is. Via de technische specificatie kunnen die machines gevonden worden die kunnen voldoen aan de gewenste waarden van alle kenmerken van de betreffende vaardigheid. Deze machines worden vervolgens als uitvoeringsalternatief bij de bewerkingen vastgelegd. De volledige informatiestruktuur is weergegeven in het entiteitenmodel in figuur 9.

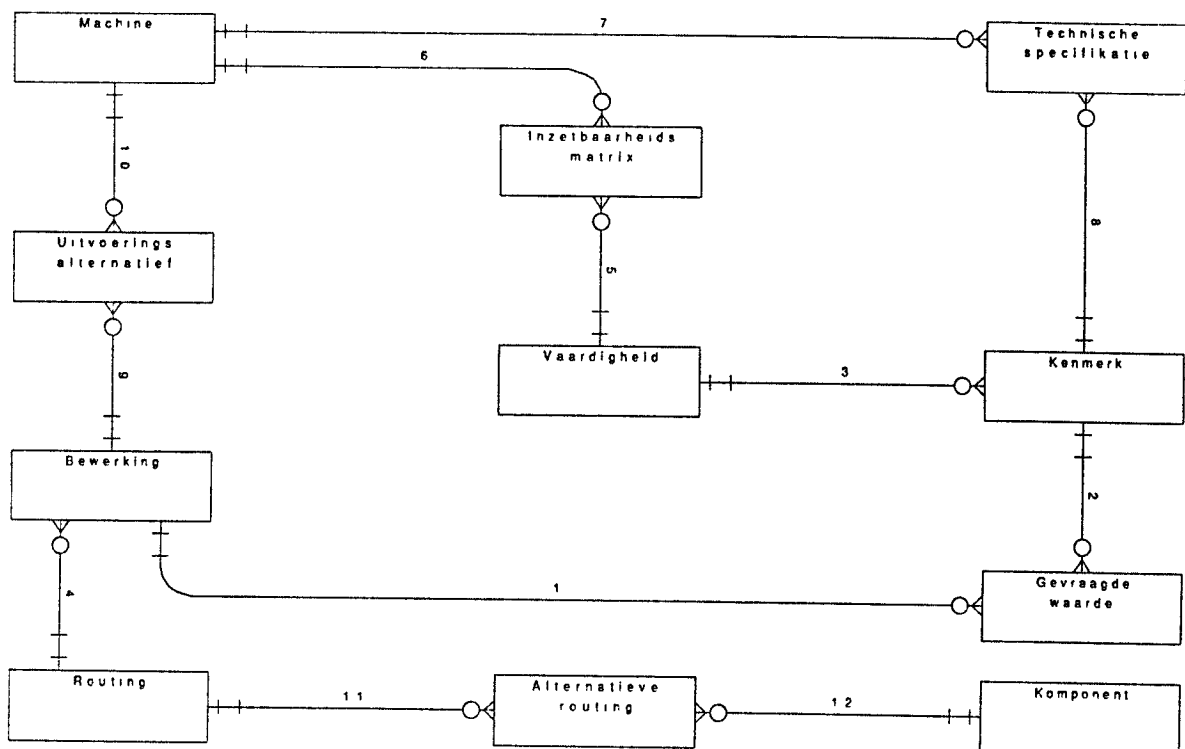
Een uitgebreide beschrijving van de entiteiten en de onderlinge relaties is weergegeven in Appendix II.

De hier geïntroduceerde informatiestruktuur heeft samengevat de volgende voordelen:

- de werkvoorbereider hoeft niet in een (te) vroeg stadium de benodigde machine bij een bewerking te specificeren. De toewijzing van de machine hoeft dus pas bij of na ordervrijgave plaats te

vinden. Hierdoor ontstaat een meer generieke werkvoorbereiding, die afhankelijk van de toestand van het productieproces nader kan worden ingevuld.

- door de bewerking en de technische specificaties van de machine niet alleen in termen van vaardigheden te specificeren, maar zelfs in termen van onderliggende kenmerken wordt de kennis van de werkvoorbereiding expliciet vastgelegd. Het beslissingsproces van de werkvoorbereider is beter traceerbaar en de kennis beter overdraagbaar;
- door het expliciet vastleggen van de technische specificaties van het machinepark ontstaat een groter inzicht in de technische mogelijkheden. Deze informatie kan gebruikt worden bij onder andere investeringsbeslissingen. Dit heeft als bijkomend voordeel dat naast de werktuigbouwer en de bedrijfseconoom ook de logisticus als gesprekspartner bij een investeringsbeslissing kan aanschuiven, omdat de technische specificaties van het bestaande machinepark dan beter toegankelijk zijn
- door de onafhankelijkheid van de definitie van vaardigheid en bewerking is de praktische toepasbaarheid van de geïntroduceerde begrippen groter.



Figuur 9. Alternatieve informatiestructuur d.m.v. vaardigheid

5. Tot slot

In dit artikel is een alternatieve informatiestructuur geïntroduceerd waarmee onder andere de routingflexibiliteit bij de fabricage van componenten in een job shop-achtige productiesituatie kan worden gerepresenteerd. Een volgende stap zal zijn het toepassen van deze structuur in informatiesystemen. Nader praktijkonderzoek zal moeten uitwijzen in hoeverre de voorgestelde informatiestructuur in vergelijking tot de bestaande informatiesystemen een oplossing biedt voor de geschetste problematiek.

LITERATUURVERWIJZINGEN

- [1] Chryssolouris, G. en S. Chang, 'An integrated approach to Process Planning and Scheduling'. Annals of the CIRP, Vol. 34/1, pp. 413-417, 1985.
- [2] Muntslag, D.R. en J.A.W.M. Smetsers, 'De invloed van de werkvoorbereiding op de logistiek'. Bedrijfskunde, vol. 61, 1982/2, pp. 198-206.
- [3] Bertrand, J.W.M. en J.C. Wortmann, Production Control and Information Systems for Component Manufacturing Shops, Elsevier Scientific Publ. Co., Amsterdam, 1981.

APPENDIX I Beschrijving entiteitenmodel figuur 2.

Beschrijving entiteiten

Komponent

Een komponent is een enkelvoudig produkt of een subsamenstelling dat binnen één produktie-eenheid kan worden gefabriceerd. Het betreft hier het laagste niveau in de structuur van een eindprodukt waaraan nog een artikelnummer wordt toegekend.

Routing

Een routing verwijst naar een bewerkingsstructuur (en -volgorde), die kan gelden voor nul of meer componenten. Twee componenten van bijvoorbeeld dezelfde produktgroep kunnen verschillen qua afmeting, maar worden volgens dezelfde gemaakt.

Alternatieve routing

Een komponent kan nul of meer alternatieve routingen hebben en een routing kan gelden voor nul of meer componenten. Deze relatie ligt hier vast.

Bewerking

Een bewerking is een clustering van fabrikagehandelingen op een zodanig detailniveau gedefinieerd, dat binnen een bewerking geen essentiële wachttijden mogen voorkomen.

Vaardigheid

Vaardigheden zijn mogelijkheden of vermogens die voor fabrikagehandelingen nodig zijn.

Nut: - vaardigheden worden onderscheiden om bij het specificeren van de benodigde capaciteiten bij de uit te voeren fabrikagehandelingen nog zo veel mogelijk flexibiliteit te bewaren. Wanneer dan bij een bewerking een benodigde vaardigheid gespecificeerd is, bestaat nog de vrijheid van keuze tussen machines die deze vaardigheden bezitten. Bij ordervrijgifte wordt pas vastgelegd welke machines daadwerkelijk worden gebruikt;

- door het onderscheiden van vaardigheden kan bij het plannen van bijvoorbeeld machines de volledige capaciteitsmogelijkheden en -flexibiliteit worden benut.

Inzetbaarheidsmatrix

Een machine kan over een of meer vaardigheden beschikken en een vaardigheid kan bij een of meer machines aanwezig zijn. Deze relaties liggen hier vast.

Machine

Een machine is een plaatsgebonden, niet tot de inrichting van het gebouw behorend duurzaam produktiemiddel, waarmee materiaal en/of produkten kunnen worden be- of verwerkt of getransporteerd. Machines worden in een produktie-omgeving als potentieel beperkend beschouwd.

Beschrijving relaties tussen entiteiten

De nummering van relaties komt overeen met de nummering uit figuur 2.

1. Een komponent wordt vervaardigd volgens nul of meer alternatieve routingen.
2. Een routing kan behoren bij nul of meer componenten.
3. Een routing bestaat uit nul of meer opeenvolgende bewerkingen. Een bewerking behoort bij precies één routing.
4. Bij de uitvoering van een bewerking is een vaardigheid noodzakelijk. Een vaardigheid kan noodzakelijk zijn bij nul of meer bewerkingen.
5. Een vaardigheid kan aanwezig zijn bij nul of meer machines.
6. Een machine bezit nul of meer vaardigheden.

APPENDIX II Beschrijving entiteitenmodel figuur 9.

Beschrijving entiteiten

Hieronder worden alleen de extra entiteiten beschreven in vergelijking met figuur 2. Voor een beschrijving van de overige entiteiten wordt verwezen naar Appendix I.

Vaardigheid

Vaardigheden zijn mogelijkheden of vermogens die voor fabricagehandelingen nodig zijn.

Kenmerk

Een kenmerk is een nader specificatie van een produkt of productieproces waarvoor vaardigheden nodig zijn. Een vaardigheid wordt als zodanig nader gekarakteriseerd door haar kenmerk(en).

Gevraagde waarde

Voor een bewerking wordt per kenmerk van de benodigde vaardigheid een gevraagde waarde vastgelegd.

Technische specificatie

Een machine bezit nul of meer vaardigheden. Meer dan één machine kan dezelfde vaardigheid bezitten. De precieze technische mogelijkheden ten aanzien van de betreffende vaardigheid kan van machine tot machine verschillen. Deze technische specificatie wordt voor een machine per kenmerk van een vaardigheid vastgelegd. Indien van toepassing kan hier een onder- en een bovenwaarde van de technische mogelijkheden worden vastgelegd.

Uitvoeringsalternatief

Voor een bewerking aan een komponent kunnen nul of meer machines in aanmerking komen afhankelijk van de technische specificaties van de machines. Een machine kan in aanmerking komen voor de uitvoering van nul of meer bewerkingen. Deze relatie ligt hier vast.

Beschrijving relaties tussen entiteiten

De nummering van de relaties komt overeen met de nummering uit figuur 9. Ook bij de beschrijving van de relaties zijn alleen de extra relaties in vergelijking met figuur 2 meegenomen. Voor een beschrijving van de overige relatie wordt verwezen naar Appendix I.

1. Bij een bewerking liggen nul of meer gevraagde waarden vast met betrekking tot de kenmerken van de benodigde vaardigheid.
2. Bij een kenmerk kunnen gevraagde waarden van nul of meer verschillende bewerkingen vastliggen.
3. Een vaardigheid heeft nul of meer kenmerken. Een kenmerk behoort tot precies één vaardigheid.
7. Bij een machine kunnen technische specificaties met betrekking tot nul of meer kenmerken van een vaardigheid vastliggen.
8. Bij een kenmerk kunnen technische specificaties van nul of meer machines vastliggen.
9. Bij een bewerking kunnen nul of meer machines als uitvoeringsalternatief vastliggen.
10. Een machine kan bij nul of meer bewerkingen als bewerkingsalternatief vastliggen.

EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT SCIENCE
RESEARCH REPORTS (EUT-Reports).

EUT-reports can be obtained, as long as stock permits, by writing to Eindhoven University of Technology, Library of Industrial Engineering and Management Science, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, Netherlands. The cost per delivery are HFL 3,50 plus HFL 1,50 per EUT-report. Only payments by Eurocheque will be accepted.

20 LATEST EUT-REPORTS

- EUT/BDK/37 De toepassing van vaardigheden bij de specificatie van het bewerkingsvoorschrift D.R. Muntslag
- EUT/BDK/36 Selection of Software Cost Estimation Packages
F.J. Heemstra, M.J.I.M. van Genuchten, R.J. Kusters
- EUT/BDK/35 Zoekboek Arbeidssysteemstructurering: een overzicht van criteria voor autonome groepen
P.J.M. Berger, R.E.F. van den Heuvel, M.H.M. Rietrae, P.G.M. Simons, onder redactie van F.M. van Eijnatten
- EUT/BDK/34 Organisatie van produktinnovatieprocessen in middelgrote ondernemingen; een verslag van zes case-studies in de kunststofindustrie
H.C. van der Hek-de Keyser, C.C. Krijger
- EUT/BDK/33 Innovatie gedefinieerd; een analyse en een voorstel
B.J.G. van der Kooij
- EUT/BDK/32 A conceptual Framework for Software Cost Control and Estimation F.J. Heemstra, R.J. Kusters
- EUT/BDK/31 Het verband tussen afval-arme methoden en energieverbruik bij de winning van minerale grondstoffen A.J.D. Lambert, J.C.M. Marijnissen
- EUT/BDK/30 Model van een trommeldroger F.P.M. Spruit
- EUT/BDK/29 Continuous casting in the copper industry P.F. Cuypers
- EUT/BDK/28 Het begroten van softwareprojecten: meten is weten!
F.J. Heemstra
- EUT/BDK/27 Economische prestatie-meting van industriële activiteiten
H.J.M. van der Veeke
- EUT/BDK/26 Prestatiebeoordeling in zeven organisaties
H.F.J.M. van Tuijl, P.M. Janssen, J.A. Algera
- EUT/BDK/25 De organisatie van de verplegingsdienst in algemene ziekenhuizen
II Vooronderzoek R.J.M. Mercx
- EUT/BDK/24 Vragenlijst verpleegkwaliteit: Onderzoek naar validiteit en betrouwbaarheid van een instrument voor verpleegkwaliteit
B.J.S. Lacko
- EUT/BDK/23 Prestatiegrafieken van gereedschappen (Een nieuw informatiesysteem voor terugkoppeling op korte en lange termijn) J.M.A. van de Molengraft
- EUT/BDK/22 Interne budgettering van de klinische verpleging op basis van werklasteronderzoek in het St. Annaziekenhuis te Oss
P.W.H.M. van Stiphout
- EUT/BDK/21 Een economische kijk op energiesubstitutie, uitgaande van processen P. van den Heuvel
- EUT/BDK/20 On the applications of energy analysis and second law analysis W. Willeboer
- EUT/BDK/19 De organisatie van de verplegingsdienst in algemene ziekenhuizen: I Meetinstrumenten R.J.M. Mercx
- EUT/BDK/18 Flexibele produktie-automatisering: Het bedrijfskundig beoordelen ervan tijdens het ontwerpproces van produktiesystemen bij Volvo Car B.V. H.C.M. Schepers